

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-300227

(43) 公開日 平成8年(1996)11月19日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

B 2 3 H 9/00

識別記号

序内整理番号

F I

B 2 3 H 9/00

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-89050

(22) 出願日 平成7年(1995)4月14日

(71) 出願人 390014535

新技術事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000173289

斎藤 長男

愛知県春日井市岩成台9丁目12番地12

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(74) 上記3名の代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

(71) 出願人 591135853

毛利 尚武

愛知県名古屋市天白区八事石坂661-51

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電加工用電極および放電による金属表面処理方法

(57) 【要約】

【目的】 圧粉体電極の崩れ易さを解消するとともに、2次加工条件に於いても電極を交換せずに、放電電気条件の変更のみで2次加工を可能にする放電による金属表面処理方法を提供する。

【構成】 WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物の単体もしくは2種以上の混合物を圧縮成形し、その後、焼結温度以下の温度で仮焼結し、これを放電加工の消耗電極として被処理材に放電処理を行なうことにより、上記被処理材表面に被覆層を形成する。

電極 (-)

Ip(A) τp(μs)	5	10	15	20	25
4					
8					
16			彫込		
32					
64					
128					
256					
512					
1024					

電極 (+)

Ip(A) τp(μs)	5	10	15	20	25
4					
8					
16			彫込		
32					
64					
128					
256					
512					
1024					

(清融)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物の単体もしくは2種以上の混合物を圧縮成形し、焼結温度以下の温度で仮焼結して構成したことを特徴とする放電加工用電極。

【請求項2】 Ti、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結して構成したことを特徴とする放電加工用電極。

【請求項3】 WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物の単体もしくは2種以上の混合物を圧縮成形し、その後、焼結温度以下の温度で仮焼結し、これを放電加工の消耗電極として被処理材に放電処理を行なうことにより、上記被処理材表面に被覆層を形成することを特徴とする放電による金属表面処理方法。

【請求項4】 Ti、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結し、その後、これを放電加工の消耗電極として放電による熱分解により炭素を生ずる加工液中に於いて被処理材に放電処理を行なうことを特徴とする放電による金属表面処理方法。

【請求項5】 被処理材への第1段階での放電処理に於いて電極材料が堆積する条件を選び、上記被処理材への第2段階での放電処理に於いて硬度を上昇する条件に電極極性および放電電気条件を変更することを特徴とする請求項3または請求項4記載の放電による金属表面処理方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、金型、工具、内燃機関、ガスタービン等の耐蝕性・耐摩耗性を必要とする被処理材へ放電処理を行なう放電加工用電極および放電による金属表面処理方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、例えば特開平5-148615号公報に開示されているように、放電による表面処理によって10 $\mu$ m以上の厚い被覆層を形成する場合、タングステン・カーバイド粉末とコバルト粉末等からなる圧粉体電極を使用して1次加工（堆積加工）を行ない、次に銅電極等の比較的電極消耗の少ない電極（以下非消耗性電極と称する）に交換して2次加工（再溶融加工）を行う、といった2つの工程から成る放電による金属表面処理方法が知られている。

【0003】 この方法は、高硬度で密着力の大きいファイナセラミックス層を、数10 $\mu$ mの厚みに形成するには極めて優れた方法であるが、2次加工に於いて非消耗性電極に取り換える必要がある。

【0004】 この従来方法について更に説明する。即ち、ファイナセラミックス（WC、TiC、TaC、Z

2

rC、SiC、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>、TiN、ZrNなど）や、タングステンW、モリブデンMoなどのような高融点の材料は、放電析出だけでは被加工材の内部まで十分に拡散させることが困難な場合が多い。一例としてその内のタングステン・カーバイド（以下、WCと記述）を放電析出させ、これにパルス放電加工処理を適用した実験例について説明する。

【0005】 まず、WC粉末（平均粒径3 $\mu$ m）を鉄粉末（以下、Fe粉末と記述）（平均粒径9.8 $\mu$ m）と1:1の割合で混合し、圧縮成形（圧縮圧力4t/平方センチメートル）を施して圧粉体とし、これを銅の丸棒に導電性接着剤にて接着し、圧粉体電極を形成する。次いで、炭素鋼（S55C生材）を被処理材とし、放電電気条件（パルスピーク値I<sub>p</sub>、パルス時間 $\tau$ p、パルス休止時間 $\tau$ r）を変化させて、図13に示す通常の形彫放電加工機にて実験を行った。

【0006】 なお、図13において、1は電極、2は被処理材、3は加工槽、4は加工液、5は電極1のサーボ機構、6は電極1と被処理材2間に加工電圧を供給する電源を示している。

【0007】 その結果、デューティーファクターDが比較的大きい加工条件では、放電によるアークが集中し、圧粉体電極1が破壊されたが、デューティーファクターDが1.5%以下の条件で圧粉体電極1は崩れることなく安定して消耗し、被処理材2の表面に付着した。そのときの加工条件は、I<sub>p</sub>=20A、 $\tau$ p=16 $\mu$ s、 $\tau$ r=1024 $\mu$ sである（これを1次加工と称す）。図14はその制御回路で、8、9はトランジスタ、10、11は各々のトランジスタ8、9に流れる電流を制限する抵抗、12はトランジスタ8、9のオン・オフ動作を制御する制御回路である。また、図15は加工間隙における電圧波形V、電流波形I<sub>p</sub>を示すパルス波形図である。

【0008】 次に、前記の放電加工により得られた被処理材2に次の要領でパルス放電加工を実施する。まず、タングステン・カーバイド粉末とコバルト粉末を混合し、圧縮成形したWC-Co焼結体（超硬合金バイト材料）を導電性接着剤にて銅丸棒に接着し電極を構成する。次いで、この電極を用いて、被処理材2の表面に付着したWC、Fe堆積層の上からパルス放電加工を実施する。加工条件は、被処理材2を加工し過ぎないように、電極極性をマイナスとし、パルスピーク値I<sub>p</sub>、パルス時間 $\tau$ p、パルス休止時間 $\tau$ rを変化させて加工した。パルス時間 $\tau$ pが短く、パルスピーク値I<sub>p</sub>が高く、加工時間が長いとWC-Feの堆積物が消出するが、パルス時間 $\tau$ pがやや長く、パルスピーク値I<sub>p</sub>がやや低い条件では、WC-Feの堆積物の飛散が少なくすることが出来る（これを2次加工と称す）。

【0009】 1次加工の放電析出のみでは、WC-Feの付着力は弱い。これに2次加工のパルス放電加工を

行くとWCが被処理材に拡散していることが確認された。また、通常のWC-Cr焼結体の硬度は(WC 70, Cr 30)の場合でもビッカース硬度Hv 850~950程度である。上記実験例ではWC 50、Fe 50と高硬度のWCが少ないにもかかわらず、それよりも高硬度の表面処理層の硬度(ビッカース硬度Hv 1000~1400)(SS 5Cの焼入硬度はビッカース硬度Hv 800強である)が得られた。また、上記実験例に於いてビッカース硬度Hv 1000以上を得られる厚みは60 $\mu$ m程度で、厚みが大きい。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来の放電加工用電極では、放電のデューティファクターDが大きい場合(パルス時間 $\tau_p$ に対するパルス休止時間 $\tau_r$ の比)に圧粉体電極が崩れる可能性があるという第1の問題点があった。なお、圧粉体電極が加工中に崩れる理由は、圧縮付着している組織が脆弱であることの他に、熱伝導率および電気抵抗が見かけ上高くなり、放電電流によって放電点付近が発熱し、放電集中が起こり、放電点付近が大きく除去されること、及び電極の部分的な溶融再凝固(アーク放電により起こる)のため、欠落を発生すると考えられる。

【0011】また、従来の放電加工用電極では、圧粉体電極のために電極の消耗が多く、再溶融焼結ではなく、堆積加工になるという第2の問題点があった。

【0012】また、従来の放電による金属表面処理方法では、2次加工で非消耗性電極に取換える必要があり、もし電極を取換えないで2次加工条件に切り換えると、電極が破壊し加工の継続が困難になるという第3の問題点があった。

【0013】ここで、デューティファクターDの用語と、その大小による現象を述べる。デューティファクターDは、図3に示すように、 $D = \text{パルス時間 } \tau_p / (\text{パルス時間 } \tau_p + \text{パルス休止時間 } \tau_r)$  (%)

上記式に示すように、放電1サイクル(パルス時間 $\tau_p$  + パルス休止時間 $\tau_r$ )に於けるパルス時間 $\tau_p$ の割合であり、このデューティファクターDが大きい程、休止時間割合は短く、加工能率は向上することになる。しかしながら、デューティファクターDが大きいと言うことは、単位時間当たりの電流の平均値が大きくなり、従って電極材料の電気抵抗が高く、熱伝導率が低ければ、放電点のみならずその周辺の温度も高くなる。温度が高ければ絶縁回復も充分ではなく、そのため次々と発生する放電も同一点に発生し集中的となる。いわゆるアーク放電(絶縁回復のない放電)となる。そのため特定の放電発生点が崩れ、電極形状も不整なものとなる。圧粉体電極はデューティファクターDを小さく(上記例では1.5%)取る必要がでてくる。

【0014】この発明の目的は上記第1から第3の問題

点を解決するためになされたもので、圧粉体電極の崩れ易さを解消するとともに、2次加工条件に於いても電極を交換せずに、放電電気条件の変更のみで2次加工を可能にする放電加工用電極および放電による金属表面処理方法を提供することを目的とする。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係る放電加工用電極は、WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物の単体もしくは2種以上の混合物を圧縮成形し、焼結温度以下の温度で仮焼結して構成したものである。

【0016】第2の発明に係る放電加工用電極は、Ti、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結して構成したものである。

【0017】第3の発明に係る放電による金属表面処理方法は、WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物を、単体もしくは2種以上の混合物に焼結助成を加えて圧縮成形し、その後、焼結温度以下の温度で仮焼結し、これを放電加工の消耗電極として被処理材に放電処理を行なうものである。

【0018】第4の発明に係る放電による金属表面処理方法は、Ti、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結し、その後、これを放電加工の消耗電極として放電による熱分解により炭素を生ずる加工液中に於いて被処理材に放電処理を行なうものである。

【0019】第5の発明に係る放電による金属表面処理方法は、被処理材への第1段階での放電処理に於いて電極材料がよく堆積する条件を選び、上記被処理材への第2段階での放電処理に於いて硬度を上昇する条件に電極極性および放電電気条件を変更するものである。

#### 【0020】

【作用】この発明によるWC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物の単体もしくは2種以上の混合物を圧縮成形し、焼結温度以下の温度で仮焼結して構成した放電加工用電極は、非消耗極性の放電加工においても崩れることなく放電加工できる。

【0021】この発明によるTi、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結して構成した放電加工用電極は、非消耗極性の放電加工においても崩れることなく放電加工できる。

【0022】この発明によるWC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物を、単体もしくは2種以上の混合物に焼結助成を加えて圧縮成形し、その後、焼結温度以下の温度で仮焼結し、これを放電加工の消耗電極として被処理材に放電処理を行なう金属表

面処理方法は、極性の交換や広範囲の放電電気条件に対しても電極が崩れることなく放電加工できる。

【0023】この発明によるTi、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結し、その後、これを放電加工の消耗電極として放電による熱分解により炭素を生ずる加工液中に於いて被処理材に放電処理を行なう金属表面処理方法は、極性の交換や広範囲の放電電気条件に対しても電極が崩れることなく放電加工できる。

【0024】この発明による被処理材への第1段階での放電処理に於いて電極材料がよく堆積する条件を選び、上記被処理材への第2段階での放電処理に於いて硬度を上昇する条件に電極極性および放電電気条件を変更する\*

粉体	粒 度	混合比	成形圧力	焼結温度
WC	1.0 $\mu\text{m}$	80重量%	10 t/cm <sup>2</sup>	真空炉 1100℃ 昇温11時間 保温30分 降温48時間
Co	1.38 $\mu\text{m}$	40重量%		

【0027】次に、被処理材をSK-3とし、表面は研削面、電極は上記表1に示した仮焼結の圧粉体電極を使用し、放電加工による表面処理を行う。電流値I<sub>p</sub>は5~25A、パルス時間 $\tau_p$ は4~1024 $\mu\text{s}$ 、休止時間 $\tau_r$ は1024 $\mu\text{s}$ と一定とした。

【0028】図1は電極をマイナスとプラスにそれぞれ切替えた場合のパルスピーク値とパルス休止時間および加工状態を示すもので、電極がマイナスであれば、被処理材に対して堆積する領域がある。この図1中、横列はパルスピーク値I<sub>p</sub>、縦列はパルス時間 $\tau_p$ を示し、

「彫込」とあるのは、堆積せずに被処理材を加工してしまうことである。このような彫込領域は放電電気条件を選ぶこと、および焼結温度を下げることによって除去することができる。電極がプラスであれば、電極がマイナスで堆積したものを再溶融加工を行うことができる。彫込領域は上記と同様、放電電気条件を選ぶか、焼結温度を下げれば除去できる。また、電極がマイナスで加工した時の表面層の硬度よりも、プラスで加工した場合の方が硬度が上昇する。

【0029】この理由は、電極がプラスであれば、被処理材がマイナスとなり、図2のアーク柱の挙動と放電痕形成に対する想定モデル図に示すように、被処理材の放電痕電流密度が高くなり、高い焼結温度で再加熱したような結果になるためと考えられる。なお、図2の13は電極1をマイナス極性とした場合の電極の消耗部分を示している。この表面処理層の断面硬度分布を示すのが図3である。

【0030】なお、図4~図7は表面処理を行った被処理材の断面を示すもので、図4は加工時間30分の表面処理断面、図5は電極の極性をマイナス、プラスに切替えて放電加工した処理層断面、図6は異形状の被処理

\*金属表面処理方法は、電極が崩れることがなく、堆積、再溶融、彫り込みの加工処理が出来る。

【0025】

【実施例】

実施例1. 以下、この発明の一実施例を図について説明する。まず、電極の作成について説明する。従来のような圧粉成形のみの電極では、2次加工条件において電極が崩れることがあるので、本実施例ではタンダステン・カーハイド粉末とコバルト粉末(WC-Coの粉末)を混合し、圧縮成形した後、仮焼結した。それぞれの条件は表1に示す通りである。

【0026】

【表1】

20 材の処理層断面、図7は溶接部の処理層の断面をそれぞれ示したものである。

【0031】以上の実施例に示されるように、仮焼結したWC-Co電極は、次のような特性を示すことが明らかである。仮焼結しても、電極をマイナス極性とすれば、被処理材に対し堆積する領域がある。プラス極性とすれば、堆積はしないが、一旦堆積したものを再溶融し硬度を上昇させることができる。

【0032】プラス、マイナスに極性を変更しても電極は崩れることがなく、極性転換を繰り返しても、あるいは高速度に頻繁に繰り返しても崩れることなく、放電を継続できることが判明した。

【0033】また、デューティファクターを高くとっても、崩れたり放電が集中し易いということとはなくなり、加工効率を上げることができる。

【0034】別の実験からも、圧粉体の如く単に接触しているだけのものと異なり、仮焼結により粉体内の結合が強くなり、電気抵抗は小さくなり、熱伝導率も高くなっていることは明らかである。勿論、完全に焼結(高温処理)したものよりは、電気抵抗は高く、熱伝導率は低いことは当然である。

【0035】上記実施例について更に説明すれば、圧粉体を通常の焼結合金やファインセラミックスの焼結のように、焼結温度まで加熱すれば、強固な焼結体ができあがるが、それでは電極が非消耗性となり、被処理材に堆積を起こし得なくなる。そのため本発明者が選んだ手段は、

1) 焼結温度よりも低い温度で焼結すること。

2) 消耗性と非消耗性の相反する特性の賦与は、電極極性の交換およびその時の放電電気条件の変更であり、図2に示す放電発生のアークモデルの想定(発明者の仮

設)より着想したものである。

【0036】ここで上記(1)の事項について説明する。図8には焼結の一般的傾向を示し、横軸に焼結時間、縦軸に相対密度を示している。高温で焼結すれば理論相対密度に近づくが、それよりも低い温度で焼結すれば、低い相対密度、即ち、強度等も低くなる。図9はアルミナセラミックスの焼結温度と見かけの密度とを示し、横軸に焼結時間、縦軸に見かけの密度を示している。1600℃以上で焼結すれば、理論密度に著しく近づく。この発明に於いては、理論密度の50%~90%程度が使用される範囲となり、完全焼結よりは充分脆弱で圧粉体のままよりは、充分に強くなり、電気抵抗も小さく、熱伝導率も大となる。

【0037】次に、上記(2)の事項について説明する。1次加工は電極が多く消耗する条件で行い、2次加工は電極消耗の小さくなる条件で行うのであるが、図2のアーク柱の挙動と放電痕形成に対する想定モデル図に示すように、極性を選ぶことにより電極の消耗を制御し得る。すなわち電極がマイナスの場合には、一発の放電によるアーク柱が図の如くマイナス側が細く、プラス側が太くなる。放電電流は一定であるからマイナス側の放電痕電流密度が著しく高くなり、マイナス側の消耗が増大する。

【0038】逆にプラス側は相対的に放電痕電流密度が低くなるので、消耗は少なくなる。従って、電極を著しく消耗させたい場合には、極性をマイナスにすると共に、いっそう放電痕の電流密度を大にするためには、放電電流値を大きくとればよい。

【0039】また、電極を非消耗性にするには、電極極性をプラスとし、放電痕の電流値を下げればよい。電流パルス時間 $\tau_p$ が長いほど、一発の放電痕の電流密度が低くなるので、非消耗にするには、電流パルス時間 $\tau_p$ を長く、プラス極性とし、消耗形にするには、電流パルス時間 $\tau_p$ を短く、マイナス極性にすればよいことになる。

【0040】実施例2、以上の特性に基づいて次のような新たな実施例を生み出すことができる。即ち、1分間に数10回の頻度で、電極の極性をマイナス、プラスに繰り返す。この加工法によって加工面の硬度がより上昇する。また厚い表面層を作ることができる。あるいは、仕上げ面粗さが微細であり且つ厚い被覆層を形成することができる。

【0041】仮焼結電極を目的形状に機械加工や超音波加工で加工をした後、これを加工電極としてキャビティを作る(形状を彫り込む)。この時の極性は消耗の少ないプラス極性の電極が形状加工の形状精度を向上する。次に電極の極性をマイナスとして堆積加工を行う(1次加工)。その次に電極の極性をプラスとして再熔融加工を行う。このようにすれば、従来の銅電極やグラフアイト電極を使用しなくともキャビティの形状加工を

行い、その後に表面硬化を行うことができる。

【0042】被処理材料を鋼材のように融点が1500℃程度よりも高い材料、例えば超硬質合金のようなものの表面に、TiCとTiあるいはVまたはTa等の炭化の容易な材料を仮焼結した電極で、電極極性を転換しながら加工すれば、鋼材に対しては彫り込む領域でも堆積および再熔融焼結が可能となる。

【0043】図10に示すように、仮焼結電極をホイール状(円板状)にして回転を与えると同時に、注油しながら放電表面処理を行えば、加工液の循環を良くしながら加工できる。また、仮焼結電極の消耗する量を円板全体に分散することができるために、切削工具や部品加工の硬化に有用である。即ち、グラインダーで切削工具や部品加工を行うことが有用であると同義である。

【0044】図10において、20は被処理材、21は回転ホイール、22は加工液、23は電源、24は電極21を回転させる絶縁スピンドル、25はブラッシュ、26は回転ベルトを示している。なお、図11はホイール21の断面図で、27はホイール21に装着された電極を示している。

【0045】なお、仮焼結電極で切削工具の再研磨と、表面硬化を行う場合には、ダイヤモンド研削ホイールと一体化した構造をとることもできる。即ち、ダイヤモンドホイールの外周部は再研削に使用し、内周部に仮焼結電極を貼付ける構造をとる。

【0046】図12はその断面図を示し、図12において、30はホイール、31はホイール30に装着されたダイヤモンド、32は仮焼結電極を示している。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、第1の発明による放電加工用電極は、WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物の単体もしくは2種以上の混合物を圧縮成形し、その後、焼結温度以下の温度で仮焼結して構成したので、極性の交換や広範囲の放電電気条件に対しても電極が崩れることがない。

【0048】また、第2の発明による放電加工用電極は、Ti、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結して構成したので、極性の交換や広範囲の放電電気条件に対しても電極が崩れることがない。

【0049】また、第3の発明による放電による金属表面処理方法は、WC、TiC、TaC、ZrC、SiC、VCなどの炭化物、TiB<sub>2</sub>、ZrB<sub>2</sub>などの硼化物、TiN、ZrNなどの窒化物を、単体もしくは2種以上の混合物に焼結助成を加えて圧縮成形し、その後、焼結温度以下の温度で仮焼結し、これを放電加工の消耗電極として被処理材に放電処理を行なうことにより、上記被処理材表面に被覆層を形成したので、極性の交換や広範囲の放電電気条件に対しても電極が崩れることがな

く、電極を継続的に使用すると電極表面が焼結され硬度は増化する。

【0050】また、第4の発明による放電による金属表面処理方法は、Ti、V、Taなどの炭化の容易な材料の圧粉体を焼結温度以下の温度で仮焼結し、その後、これを放電加工の消耗電極として放電による熱分解により炭素を生ずる加工液中に於いて被処理材に放電処理を行なうので、極性の変換や広範囲の放電電気条件に対しても堆積、再溶融等の作用を充分行なった上で、電極が崩れることがなく、電極を継続的に使用すると電極表面が焼結され硬度は増化する。

【0051】また、第5の発明による放電による金属表面処理方法は、被処理材への第1段階での放電処理に於いて電極材料がよく堆積する条件を選び、上記被処理材への第2段階での放電処理に於いて硬度を上昇する条件に電極極性および放電電気条件を変更するので、電極が崩れることがなく、堆積、再溶融、彫り込みの加工処理が出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例による電極をマイナスとプラスにそれぞれ切替えた場合のパルスピーク値とパルス休止時間および加工状態を示す図である。

【図2】 この発明の実施例を説明するアーク柱の挙動と放電痕形成に対する想定モデルを示す図である。

【図3】 この発明の実施例により得られる表面処理層の断面硬度分布を示す図である。

【図4】 この発明の実施例により得られる加工時間30分の被処理材の表面処理断面写真である。

【図5】 この発明の実施例により得られる電極の極性をマイナス、プラスに切替えて放電加工した被処理材の処理層断面写真である。

【図6】 この発明の実施例により得られる異形状の被処理材の処理層断面写真である。

【図7】 この発明の実施例により得られる溶接部の処理層の断面写真である。

【図8】 一定温度で焼結した焼結体の密度変化と焼結温度との間の一般的関係を示す図である。

【図9】 アルミナセラミックスの焼結温度と見かけの密度との関係を示す図である。

【図10】 この発明の他の実施例を説明する構成図である。

【図11】 図10に示すホイールの断面図である。

【図12】 この発明の更に他の実施例を説明するダイヤモンドホイールの断面図である。

【図13】 放電加工装置の一般的構成図である。

【図14】 放電加工装置の制御回路を示す一般的構成図である。

【図15】 加工間隙におけるパルス電圧波形、パルス電流波形を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 電極、2 被処理材、3 加工槽、4 加工液、5 サーボ機構
- 6 電源、8 トランジスタ、9 トランジスタ、10 抵抗
- 11 抵抗、12 制御回路、15 電極消耗部分、20 被処理材
- 21 回転ホイール、22 加工液、23 電源、24 絶縁スピンドル
- 25 ブラッシュ、26 回転ベルト、27 電極、30 ホイール
- 31 ダイヤモンド、32 仮焼結電極

【図1】

電極 (-)						電極 (+)					
$I_p(A)$	5	10	15	20	25	$I_p(A)$	5	10	15	20	25
$t_p(\mu s)$						$t_p(\mu s)$					
4						4					
8						8					
16						16					
32						32					
54						54					
128						128					
256						256					
512						512					
1024						1024					

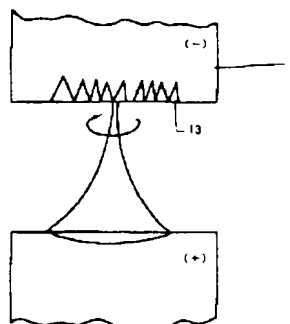
電極 (-)

電極 (+)

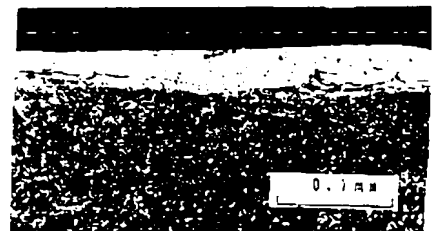
電極 (-)

電極 (+)

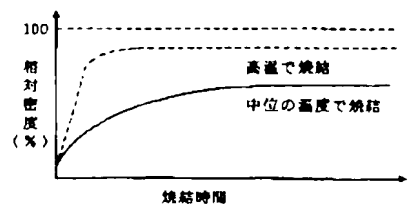
【図2】



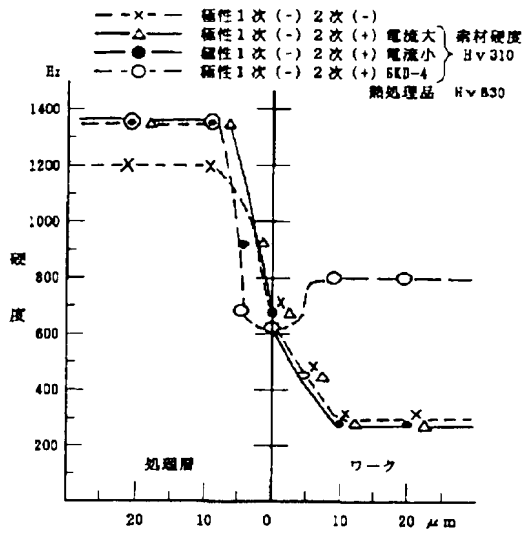
【図5】



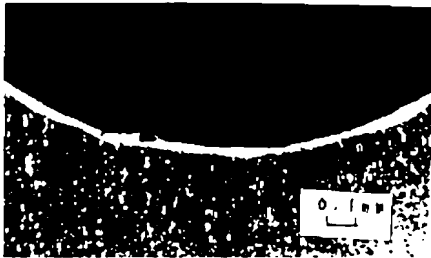
【図8】



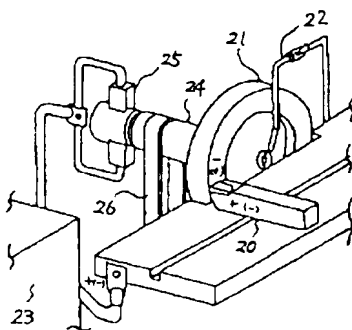
【図3】



【図6】



【図10】



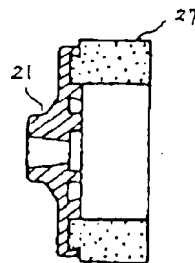
【図4】



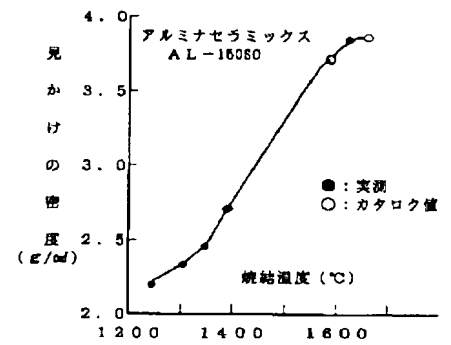
【図7】



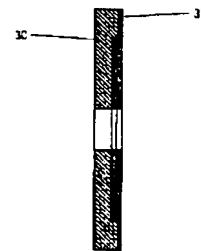
【図11】



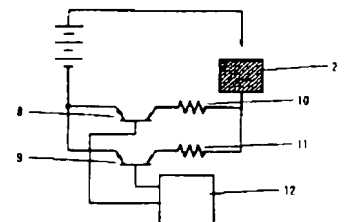
【図9】



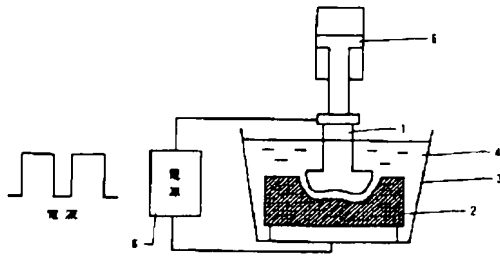
【図12】



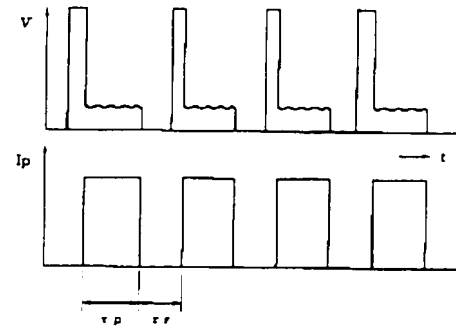
【図14】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

- (74) 上記1名の代理人 弁理士 高田 守  
 (72) 発明者 斎藤 長男  
 愛知県春日井市岩成台九丁目12番地の12  
 (72) 発明者 毛利 尚武  
 名古屋市天白区八事石坂661-51  
 (72) 発明者 古谷 克司  
 名古屋市天白区天白町島田黒石3837-3-23

- (72) 発明者 石黒 輝雄  
 愛知県春日井市気噴町671  
 (72) 発明者 大泉 敏郎  
 名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱電機株式会社名古屋製作所内  
 (72) 発明者 真柄 卓司  
 名古屋市東区矢田南五丁目1番14号 三菱電機株式会社名古屋製作所内